

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-273645

(43)Date of publication of application : 03.10.2000

10/00

(51)Int.Cl.

C23C 16/509

C23C 16/448

(21)Application number : 11-075551

(71)Applicant : KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 19.03.1999

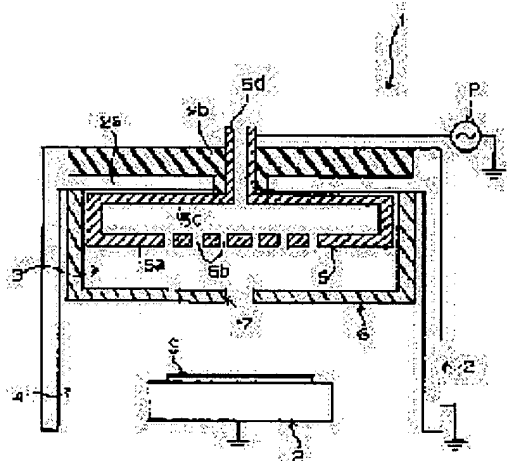
(72)Inventor :
 TABUCHI TOSHIHIRO
 MIZUKAMI HIROYUKI
 ISHIDA KOICHI
 KOUSHIRI MASAYUKI
 KAMIMURA TATSUYA
 FUJIMOTO SHINICHI
 TOYOSHIMA YASUMASA

(54) SURFACE TREATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface treating device capable of surface treatment at a high speed and high quality.

SOLUTION: Casing 2 in a surface treating device 1 is divided into two chambers of a plasma generating chamber 3 provided with plasma generating electrodes 5 and 6 and a substrate treating chamber 4 provided with a substrate supporting stand 8. On the electrode 6 composing the bulkhead of both chambers 3 and 4, a plasma blow-off port 7 has been formed. Moreover, on the electrode 5 in the upper direction, a through hole 5b as a discharge non-uniformizing means is formed. This through hole 5b functions also as the introducing port of carrier gas and a gaseous starting material.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the schematic diagram of the surface treatment equipment which is the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the array of the breakthrough formed in the plasma generating electrode.

[Drawing 3] It is drawing showing other arrays of the breakthrough formed in the plasma generating electrode.

[Drawing 4] It is drawing showing the array of further others of the breakthrough formed in the plasma generating electrode.

[Drawing 5] It is drawing showing the array of further others of the breakthrough formed in the plasma generating electrode.

[Drawing 6] It is drawing showing the array of further others of the breakthrough formed in the plasma generating electrode.

[Drawing 7] It is the schematic diagram showing the state of the plasma generating room at the time of the electric discharge in the above-mentioned surface treatment equipment.

[Drawing 8] It is the schematic diagram showing other states of the plasma generating room at the time of the electric discharge in the above-mentioned surface treatment equipment.

[Drawing 9] It is the schematic diagram showing the state of further others of the plasma generating room at the time of the electric discharge in the above-mentioned surface treatment equipment.

[Drawing 10] It is the schematic diagram of the surface treatment equipment which is the 2nd example of this invention.

[Drawing 11] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 3rd example of this invention.

[Drawing 12] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 4th example of this invention.

[Drawing 13] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 5th example of this invention.

[Drawing 14] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 6th example of this invention.

[Drawing 15] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 7th example of this invention.

[Drawing 16] It is the schematic diagram of the plasma generating room in the surface treatment equipment which is the 8th example of this invention.

[Drawing 17] It is the schematic diagram of the surface treatment equipment which is the 9th example of this invention.

[Drawing 18] It is the schematic diagram of the surface treatment equipment which is the 10th example of this invention.

[Description of Notations]

1, 11, 21, 31 Surface treatment equipment

2 Casing

3 Plasma Generating Room

4 Substrate Processing Room

5, 15, 25, 35 Plasma generating electrode

5a, 15a, 25a, 35a Low wall section

5b, 15b, 25b, 35b Breakthrough

5c, 15c, 25c, 35c Upper wall section

5d, 15d, 25d, 35d Gas supply mouth

15e Cylinder-like lobe

25e Crevice

35e Pillar-like salient

6, 16, 26, 36 Plasma generating electrode

16a Wall surface

16b Pillar-like salient

26a Wall surface

26b Pillar-like crevice

36a Wall surface

36b Insulator

7 17 Plasma outlet

8 Substrate Susceptor
9 Permanent Magnet
S Substrate
P RF generator

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the surface treatment equipment which can form a microcrystal thin film at high speed [are high quality and] in more detail about the surface treatment equipment suitable for the various surface treatment to a substrate, especially the membrane formation processing to a substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] The conventional parallel monotonous type plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) In casing, the plate-like plasma generating electrode of a couple counters in parallel, and equipment is formed. One electrode has the function as a substrate susceptor among the aforementioned plasma generating electrodes, and further, in order that this equipment may adjust the temperature of a substrate to the temperature suitable for the vapor growth, the heater is formed. If the voltage by the power supply (power supply of 13.56 MHz) of high frequency is impressed between both plasma generating electrodes where a substrate is laid in aforementioned one electrode, electric discharge will be performed by inter-electrode [these]. Plasma occurs by this electric discharge, material gas, for example, mono-silane gas, is plasma-ized, and a silicon film is formed in the aforementioned substrate front face.

[0003] If it is in this plasma CVD equipment of the conventional parallel monotonous type, it has the advantage that the substrate of a large area can be once formed by membrane formation processing by enlarging area of the plate-like aforementioned plasma generating electrode which lays a substrate. However, if it is in the plasma CVD equipment of the conventional parallel monotonous type, the material gas plasma-ized by both the plasma generating electrode is uniformly diffused in the membrane formation gassing interior of a room, and the part only contributes to membrane formation of the substrate laid on the aforementioned electrode. For this reason, although the use efficiency of material gas is low, for example, 0.01 micrometer/an about minute and injection power have a large membrane formation speed when it is going to form an amorphous silicon thin film and a mark crystal silicon thin film on a substrate, membrane formation speed is slow. Therefore, in order to have manufactured semiconductor devices with comparatively thick thickness, such as a solar battery, the question was further required at the time of merit, and it had become a low throughput and the key factor of high cost.

[0004] Then, in order to gather membrane formation speed, increasing the injection power by the RF generator is also considered. However, naturally between both plasma generating electrodes, current is flowing, and the number of charged particles within plasma is decided according to the size of this current. Bias is carried out to plus to each electrode, it is accelerated towards the substrate laid more on each electrode and electrode of low voltage, and this charged particle collides with this substrate directly. By the damage by the collision to the substrate of this charged particle, this substrate causes degradation to membraneous quality. The collision frequency of this charged particle increases with increase of injection power, and membraneous degradation by the collision damage of this charged particle also becomes remarkable. Furthermore, with increase of the RF power by the RF generator, in a gaseous phase, an impalpable powder will occur so much and membraneous degradation by the impalpable powder will also increase by leaps and bounds.

[0005] Therefore, if it is in the plasma CVD equipment of the conventional parallel monotonous type, in order to avoid membraneous degradation by the damage by collision and impalpable powder of such a charged particle, injection power (injection power) must be stopped and current must be lessened. That is, the upper limit of injection power and current existed substantially, and membrane formation speed was not able to be raised more than fixed level.

[0006] On the other hand, the activation gas generator which consists of a formation room which has the plasma generating electrode of the couple which counters in the vacuum chamber for the thin film deposition system currently indicated by JP,61-32417,A, for example performing thin film formation to a substrate is allotted. The single pore for spouting an activation gas into a vacuum chamber is formed in one wall of the aforementioned activation gas generator. Moreover, the substrate is supported by the position which counters the aforementioned pore in the aforementioned vacuum chamber.

[0007] High-frequency voltage is impressed to the plasma generating electrode of the aforementioned couple, between two electrodes, glow discharge is generated and plasma is made from the aforementioned thin film deposition system. The material gas introduced in the aforementioned activation gas generator is decomposed by this plasma. The material gas activated in the degree of vacuum of the aforementioned vacuum chamber as became low 2-3 figures rather than the aforementioned activation gas generator is turned to a substrate, and it is made to blow off from the aforementioned pore by adjusting the vacuum pump arranged on the vacuum chamber, and the conductance of the aforementioned pore at this time.

[0008] Thus, a plasma generating electrode is allotted to the interior of the activation gas generator formed in the vacuum

chamber which performs thin film formation, and membrane formation speed can be raised in the thin film deposition system which turns to a substrate the material gas activated in this activation gas generator, and sprays it positively, without increasing injection power. Furthermore, when injection power is increased and stronger plasma is generated, the plasma generating electrode is installed in the formed aforementioned activation gas generator, and there is no possibility of giving a damage to a substrate by glow discharge inter-electrode [this]. Therefore, it becomes possible to increase injection power and to raise membrane formation speed further. Moreover, although membrane formation speed increases, crystallization of a thin film is also promoted and a quality thin film can be formed at a membrane formation speed quicker than before.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, although membrane formation speed is increasing by forming a plasma generating room and a membrane formation processing room, improvement in the further membrane formation speed is desired, and high-speed membrane formation of a microcrystal thin film is especially desired strongly as uses, such as a solar battery. Then, this invention aims at offering the surface treatment equipment in which surface treatment is possible at still high speed and with high quality that this request should be attained.

[0010]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to solve this technical problem, invention concerning a claim 1 In casing equipped with the plasma generating electrode, material gas inlet, and substrate susceptor of a couple Generate plasma by the aforementioned plasma generating electrode, and material gas is plasma-ized. It is surface treatment equipment which carries out plasma treatment of the substrate front face laid on the aforementioned substrate susceptor. the aforementioned casing It is formed by the bilocular of the plasma generating room equipped with the aforementioned plasma generating electrode, and the substrate processing room equipped with the aforementioned substrate susceptor. The aforementioned substrate processing room is considering the surface treatment equipment characterized by the thing it comes to allot the electric discharge uneven means for coming to be open for free passage with the aforementioned plasma generating room through one or more plasma outlets, and making uneven electric discharge between the aforementioned plasma generating electrodes at the aforementioned plasma generating room as main composition.

[0011] If RF power is supplied to the plasma generating electrode of the aforementioned couple, electric discharge will take place by the aforementioned inter-electrode one, and plasma will occur in the aforementioned plasma generating interior of a room. The carrier gas introduced into this plasma generating interior of a room is activated by the plasma, and the active species which contributes to surface treatment is generated. At this time, the plasma of this plasma generating interior of a room flows out of the aforementioned plasma outlet into the aforementioned substrate processing interior of a room by adjusting the room pressure of the aforementioned substrate processing room to low voltage rather than the aforementioned plasma generating room. Plasma treatment of the substrate front face of the aforementioned processing interior of a room is carried out by the flow of this plasma, and surface treatment is performed to this substrate.

[0012] Thus, since the plasma of the plasma generating interior of a room reaches efficiently towards a substrate by forming to the bilocular of a plasma generating room and a substrate processing room from a plasma outlet, surface treatment speed also increases, crystallization is also promoted and, moreover, surface treatment can be performed uniformly with high quality at high speed.

[0013] Furthermore, this invention has allotted the electric discharge uneven means for making uneven electric discharge between the aforementioned plasma generating electrodes to the aforementioned plasma generating room. Therefore, local irregularity arises in the outline configuration of the plasma luminescence region in the aforementioned plasma generating interior of a room, and the configuration becomes uneven. Moreover, according to various kinds of processing conditions, such as power impressed to a plasma generating electrode, and room pressure, a quantity of gas flow, nonuniformity arises also about the luminescence intensity of the plasma in the aforementioned plasma luminescence region, and the field where plasma luminescence intensity is strong occurs locally.

[0014] Here, in order are uniform conventionally and to perform surface treatment at high speed, it was considered that it is necessary to make plasma emit light so that electric discharge at the aforementioned plasma generating room may be made as uniform as possible, and the outline configuration of a plasma luminescence region may turn into a smooth configuration without irregularity and there may be no local luminescence nonuniformity also in the luminescence intensity of plasma. However, when this invention persons completely turned positively the electric discharge in the aforementioned plasma generating interior of a room unevenly from the reverse way of thinking, they found that it was possible to perform surface treatment uniformly for high quality very high-speed moreover. When local irregularity occurs in the outline configuration of a plasma luminescence region or the field where the luminescence intensity of plasma is very strong occurs locally as the reason The outline configuration of a plasma luminescence region is made smooth without irregularity like before. And since gas can be efficiently activated compared with the case where plasma is made to emit light so that there may be no local nonuniformity also in luminescence intensity, and the yield of active species increases as a result, surface treatment speed is considered to improve remarkably.

[0015] In addition, as the aforementioned substrate, metals, such as glass, an organic film, or SUS, can be used. Although the surface treatment equipment of this invention can furthermore be used for various surface treatment, such as membrane formation, and ashing, etching, it is used especially suitable for the aforementioned substrate front face, in case silicon thin films and oxide films, such as microcrystal silicon, are formed further, an amorphous silicon and.

[0016] Although it is possible to connect DC power supply or a RF generator to the aforementioned plasma generating electrode, and to impress to a direct current - high-frequency voltage, it is desirable to switch on RF power especially. in

addition, per unit area of the plasma generating electrode to which this injection power impresses power -- 1 mW/cm² - 5 W/cm² ** -- carrying out -- desirable -- further -- 10 mW/cm² - 1 W/cm² ** -- carrying out is desirable

[0017] The aforementioned plasma outlet has necessary nozzle dimensions, and its bird clapper is desirable. Necessary nozzle dimensions are configurations which can draw the plasma of a plasma generating room in an outlet positively, can be made to be able to diffuse at an angle of a request of plasma at a substrate processing room, and can be spouted. For example, it combines, ***** of an upstream reduces the diameter towards a downstream further, and the shape of a cylindrical shape of a circular cross section, the shape of a **** cone whose diameter is expanded towards a substrate processing room from a plasma generating room, its configuration whose diameter the half-section of a downstream expands towards a downstream are mentioned. Furthermore, it is also possible to make the aforementioned plasma outlet into a slit configuration. In addition, when preparing many aforementioned plasma outlets, a uniform thin film can be formed also to the substrate of a large area at high speed.

[0018] The aforementioned plasma generating interior of a room may be made to carry out opening of the aforementioned material gas inlet, or only carrier gas can be introduced into the aforementioned plasma generating interior of a room, and opening of the aforementioned material gas inlet can be carried out to the side of the aforementioned plasma outlet. Furthermore, for example using introductory meanses, such as a pipe for material gas introduction, the substrate processing interior of a room may be made to carry out opening of the aforementioned material gas inlet, and material gas may be introduced between substrate processing indoor the aforementioned plasma outlets and substrates. When carrying out opening of the aforementioned material gas inlet to the aforementioned outlet, or when making the substrate processing interior of a room carry out opening, the aforementioned material gas is plasma-ized by the plasma-ized carrier gas which passes the aforementioned outlet. In this case, the internal surface of the aforementioned plasma generating room is not polluted by the aforementioned material gas.

[0019] The aforementioned electric discharge uneven meanses in this invention are one or more insulating regions formed in either [at least] one or more crevices formed at least in one side of one or more salients which project at least from one side of the aforementioned plasma generating electrode, and the aforementioned plasma generating electrode in invention concerning claims 2-5, one or more breakthroughs formed at least in one side of the aforementioned plasma generating electrode or the aforementioned plasma generating electrode. It is independent, or these electric discharge uneven meanses are combined and can also be allotted [plurality and]. While the luminescence intensity of plasma also becomes uneven as mentioned above by allotting this electric discharge uneven means, consequently surface treatment speed improves remarkably, quality and uniform surface treatment becomes possible.

[0020] Furthermore, in invention concerning a claim 6, the magnetic field is formed near the aforementioned plasma outlet. Thus, it is efficient by forming a magnetic field near the aforementioned plasma outlet in the gas which could strengthen the plasma luminescence intensity near the plasma outlet especially, and was activated, and since it can introduce to a substrate processing room smoothly, without reducing the activity further, surface treatment speed improves further. In addition, near the aforementioned plasma outlet, the inside of the upper part of this outlet, a lower part, and an outlet is included.

[0021]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is concretely explained with reference to a suitable example. Drawing 1 is the schematic diagram of the surface treatment equipment 1 which is the 1st example of this invention. This equipment 1 is intercepted with the open air, and the grounded casing 2 is formed by two rooms of the plasma generating room 3 and the substrate processing room 4.

[0022] In the aforementioned plasma generating room 3, the plasma generating electrodes 5 and 6 of the couple connected to RF generator P are allotted in parallel up and down. Among the electrodes 5 and 6 of a couple, the upper electrode 5 is attached in upper wall 2a of the aforementioned casing 2 through insulator 2b, and the downward electrode 6 constitutes the septum with the aforementioned substrate processing room 4. In addition, although the aforementioned electrode 6 is attached in upper wall 2a of casing 2, it is possible for it not to be limited to this and to attach in the arbitrary positions of casing 2.

[0023] The circular breakthrough 7 is formed in the center of the electrode 6 of the aforementioned lower part which constitutes a septum, and this breakthrough 7 constitutes the plasma outlet 7 of this invention. The aforementioned plasma generating room 3 and the substrate processing room 4 are opened for free passage through this plasma outlet 7. In this example, although the aforementioned plasma outlet 7 is made circular, it is also possible to consider as the shape of a **** cone whose diameter is expanded towards the substrate processing room 4 in to consider as the shape for example, of a rectangle otherwise **** from the plasma generating room 3, a ***** configuration, the configuration whose diameter ***** of an upstream reduces the diameter of etc. towards a downstream further, and the half-section of a downstream expands towards a downstream, etc. Moreover, it is also possible to make the aforementioned plasma outlet 7 into a slit configuration.

[0024] The aforementioned upper electrode 5 is making the shape of a hollow pillar, and two or more breakthrough 5b with a circular cross section is formed in low wall section 5a of the downward electrode 6 and the electrode 5 which counters. As for two or more of these breakthrough 5b, it is desirable to consider as an array as shown in drawing 2 - drawing 6.

[0025] In the array shown in drawing 2 (a), the aforementioned breakthrough 5b is on radiation, and is allotted on the concentric circle. Furthermore, in this drawing 2 (b), a part for the core in the array of drawing 2 (a) is made into the nonporous field. Furthermore, the breakthrough 5b train on the radiation which the array shown in drawing 3 (a) is on radiation, and adjoins each other further on a concentric circle is arranged on the concentric circle which is not on the same periphery mutually, namely, shifted two sorts of phases in the illustration example. Furthermore, in drawing 3 (b), a part for

the core in the array of drawing 3 (a) is made into the nonporous field.

[0026] Moreover, as shown in drawing 4 (a), you may be an array based on the hexagon which two or more hexagons were made to adjoin in the tortoise shell state where one side was made to share with an adjacent hexagon, and the array which makes a part for a core a nonporous field in the hexagonal array of drawing 4 (a) like drawing 4 (b). Furthermore, the array based on the square containing a rectangle like drawing 5 (a), a square, a parallelogram, a rhombus, etc. and the array which makes a nonporous field a part for the core in a square array like drawing 5 (b) are also possible. Moreover, it is in the state where one side was made to share with an adjacent triangle like drawing 6 (a), and it is also possible to make a part for a core into a nonporous field in the array of the triangle like the array based on the triangle which two or more triangles were made to adjoin, and drawing 6 (b).

[0027] Moreover, as for the aforementioned breakthrough 5b, it is desirable to set a diameter to 1mm - 10mm, and it is still more desirable to set a diameter to 3mm - 7mm. This breakthrough 5b is the electric discharge uneven means of this invention, and since the front face of an electrode 5 is no longer a flat side, a corner is formed and it becomes easy to concentrate electric field on the corner by forming two or more breakthrough 5b, it becomes uneven discharging it. In addition, in this example, although the cross section of the aforementioned breakthrough 5b is made circular, it is not limited to this, and it is good also as a rectangle cross section or a polygon-like cross section. Furthermore, an aperture can also be changed in the thickness direction of low wall section 5a of the aforementioned electrode 5.

[0028] Moreover, in this example, mixed gas with the carrier gas for forming 5d of cylinder-like gas supply mouths in the center of upper wall section 5c of the aforementioned upper electrode 5, stabilizing plasma, while promoting material gas, such as a mono silane, and generating of plasma inside the hollow of the aforementioned electrode 5 from 5d of this gas supply mouth, and conveying material gas to Substrate S is introduced. In addition, 5d of this gas supply mouth may not be limited in the shape of a cylinder, and it may be rectangle tubed. Furthermore, it is possible for the formation position of 5d of these gas supply mouths not to be limited to the center of the aforementioned upper wall section 5c, either, and to form it in arbitrary positions.

[0029] The mixed gas introduced into the interior of the hollow of the aforementioned electrode 5 from 5d of these gas supply mouths is introduced in the shape of a shower in the aforementioned plasma generating room 3 from aforementioned breakthrough 5b, and the aforementioned breakthrough 5b has the function as an electric discharge uneven means, and the function as a mixed-gas inlet. Thus, once storing mixed gas in the interior of the hollow of the aforementioned electrode 5, the aforementioned mixed gas can be introduced in the aforementioned plasma generating room 3 by uniform concentration and a uniform pressure by introducing in the aforementioned plasma generating room 3 in the shape of a shower from aforementioned breakthrough 5b. In addition, the inlet from which only carrier gas is introduced into the interior of the hollow of the aforementioned electrode 5, only carrier gas is introduced from aforementioned breakthrough 5b, and material gas differs separately -- preparing -- the interior of the aforementioned plasma generating room 3 -- or it can also introduce inside the membrane formation processing room 4

[0030] The substrate susceptor 8 is allotted to the position which counters in the aforementioned substrate disposal room 4 at the aforementioned plasma outlet 7. Since the aforementioned substrate susceptor 8 is grounded in this example, the substrate S laid on this susceptor 8 will be grounded similarly. In addition, it is also possible to carry out bias impression direct-current-wise or in alternating current, without grounding the aforementioned substrate susceptor 8. Moreover, the heater is built in the aforementioned substrate susceptor 8, and the temperature of the substrate S laid in the upper surface of the aforementioned substrate susceptor 8 is adjusted to the temperature suitable for the vapor growth. In addition, room pressure is adjusted in 1 - 100Pa of numbers by the bulb, pressure regulating valve, and vacuum pump which do not illustrate the aforementioned substrate processing room 4.

[0031] If RF power is supplied to the plasma generating electrodes 5 and 6 of the aforementioned couple by RF generator P, electric discharge will take place between the aforementioned electrode 5 and 6, and plasma will occur in the aforementioned plasma generating room 3. The material gas and carrier gas which were introduced in this plasma generating room 3 are activated by the plasma, and the active species which contributes to membrane formation is generated. Since the aforementioned substrate processing room 4 is adjusting room pressure to low voltage rather than the aforementioned plasma generating room 3 at this time, the plasma in this plasma generating room 3 flows out of the aforementioned plasma outlet 7 into the aforementioned substrate processing room 4. Plasma treatment of the substrate S front face in the aforementioned processing room 4 is carried out by the flow of this plasma, and a thin film is formed in the front face of this substrate 4.

[0032] Since breakthrough 5b is formed in the aforementioned upper electrode 5 and electric-field concentration takes place locally at this time, electric discharge between the aforementioned electrode 5 and 6 becomes uneven. Therefore, as activation of the introduced mixed gas also becomes uneven and is shown in drawing 7 - drawing 9, the luminescence state of plasma also becomes uneven. In the luminescence state of the plasma shown in drawing 7, the luminescence region of plasma has projected locally towards the formation position of the aforementioned breakthrough 5b, and the front face by the side of the electrode 5 of the luminescence region which makes the shape of the approximate circle board becomes irregularity-like, and is emitting light. Moreover, in the state of luminescence of the plasma shown in drawing 8, the front face by the side of the electrode 5 of the luminescence region which makes the shape of the approximate circle board became irregularity-like, local irregularity has arisen in the outline configuration of a luminescence region, luminescence intensity became strong locally in the formation position of the aforementioned breakthrough 5 and the plasma outlet 7 further, and nonuniformity has arisen also about luminescence intensity. In the luminescence state of the plasma shown in drawing 9, luminescence of plasma has taken place even into the aforementioned plasma generating room 3 in part through the aforementioned breakthrough 5a. In

addition, a luminescence state of plasma like drawing 7 - drawing 9 changes according to processing conditions, such as power impressed to a plasma generating electrode, and room pressure, a quantity of gas flow.

[0033] Thus, if electric discharge takes place unevenly, it will become uneven [that luminescence's of plasma local irregularity arises in the outline configuration of a plasma luminescence region, or the field where the luminescence intensity of plasma is very strong occurs locally etc.]. Therefore, since the yield of active species increases as a result compared with the case where there is also no nonuniformity of nothing and luminescence intensity about the shape of the approximate circle board with the smooth outline configuration of a plasma luminescence region, and plasma is emitting light uniformly, membrane formation speed improves remarkably.

[0034] While being the flow rate of 3sccm(s) about mono-silane gas (SiH_4) as material gas and introducing hydrogen gas by the flow rate of 300sccm(s) as carrier gas using the equipment mentioned above, the pressure of a membrane formation room was adjusted to 29Pa, substrate temperature was adjusted to 150-260 degrees C, the RF power of 13.56MHz and 100W was impressed, and membrane formation processing was performed to the substrate of white-board glass. Consequently, even when substrate temperature was 150 degrees C and low temperature, the microcrystal thin film was formed in the aforementioned substrate front face. Moreover, in the above-mentioned temperature requirement, the membrane formation speed of a microcrystal thin film was a maximum of 12A / sec., and membrane formation at the high speed which has not been attained conventionally was possible for them. Furthermore, by optimizing above-mentioned membrane formation conditions and making the aforementioned substrate temperature into 300 degrees C, membrane formation at high speed was attained very much with 150A / sec., it is such high-speed membrane formation, and the thin film was microcrystal-ized. Of course, when forming an amorphous thin film, membrane formation at high speed is still more possible. Moreover, when other surface treatment, such as ashing and etching, was performed using the equipment mentioned above, it was possible to have performed surface treatment at high speed [are low temperature and] than before.

[0035] Hereafter, other examples of this invention are concretely explained with reference to a drawing. In addition, in the following explanation, the same sign is given to the same composition as the 1st above-mentioned example, and the detailed explanation is omitted.

[0036] Drawing 10 is the schematic diagram of the surface treatment equipment 11 which is the modification of the 2nd example mentioned above. This equipment 11 is equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example mentioned above except for the plasma outlet 17 making the shape of a cylindrical shape which projects into the substrate processing room 4. When the plasma outlet 17 of this configuration is adopted, the same operation effect as above-mentioned surface treatment equipment 1 is done so. In addition, although the luminescence state of plasma serves as a type shown in drawing 7 which local irregularity has produced in the outline configuration of a luminescence region in this drawing 10, also in this example, the luminescence state like drawing 7 of the 1st example - drawing 9 type [three] is acquired.

[0037] Drawing 11 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the 3rd example of this invention. In this example, it has the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the upper plasma generating electrodes 15 differed, and also was mentioned above. As for the aforementioned upper electrode 15, the surface treatment equipment of this 3rd example is also making the shape of a hollow pillar. 15d of cylinder-like gas supply mouths is formed in the center of upper wall section 15c also at this electrode 15, and the mixed gas of material gas and carrier gas is introduced into the interior of the hollow of the aforementioned electrode 5 from 15d of these gas supply mouths. Moreover, two or more breakthrough 15b is formed in low wall section 15a of the downward electrode 6 and the electrode 15 which counters in the array as shown in drawing 2 - drawing 6 like the 1st example. Cylinder-like lobe 15e of the same path as this breakthrough 15b is continuously formed in the soffit of this breakthrough 15b with the aforementioned breakthrough 15b in the state where it projected into the aforementioned substrate processing room 4.

[0038] In this electrode 15, the aforementioned breakthrough 15b and the aforementioned cylinder-like lobe 15e constitute the electric discharge uneven means of this invention. Since it becomes easy to concentrate electric field on the protrusion edge of this lobe 15e by forming in the soffit of the aforementioned breakthrough 15b cylinder-like lobe 15e which projects into the aforementioned substrate processing room 4, electric discharge becomes still more uneven from the 1st above-mentioned example. Therefore, since local irregularity arises in the outline configuration of a plasma luminescence region and the luminescence state of plasma also becomes uneven, the yield of active species increases and membrane formation speed improves remarkably.

[0039] Drawing 12 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the 4th example of this invention. This 4th example is also equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the upper plasma generating electrodes 25 differed, and also was mentioned above. Two or more breakthrough 25b is formed in the array as the aforementioned upper electrode 25 as well as [low wall section 25a] the 1st example indicates in drawing 2 - drawing 6 by forming 25d of cylinder-like gas supply mouths in nothing and its upper wall section 25c in the shape of a hollow pillar. Furthermore, crevice 25e which this breakthrough 25b follows over the perimeter of a soffit edge is formed. Thus, surface irregularity becomes large by forming crevice 25e in the aforementioned breakthrough 25b further, and since the number of the corners which electric field tend to concentrate increases, it becomes uneven [electric discharge] more [low wall section 25a of the aforementioned electrode 25]. Therefore, since the luminescence state of plasma also becomes uneven and the yield of active species also increases, membrane formation speed improves remarkably.

[0040] In addition, although the aforementioned crevice 25e which continues over the perimeter of the aforementioned breakthrough 25b is formed in this example, you may form two or more crevices in the periphery of the aforementioned breakthrough 25b intermittently. In this case, more corners will be formed in low wall section 25a of the aforementioned electrode 25.

[0041] furthermore -- although the type of drawing 7 with which the luminescence state of plasma has produced local irregularity in the outline configuration of a plasma luminescence region is shown by drawing 11 and drawing 12 in the 3rd and 4th examples -- said -- also in the 3rd and 4th examples, the luminescence state like drawing 7 of the 1st example - drawing 9 type [three] is acquired

[0042] Drawing 13 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the 5th example of this invention. This 5th example is also equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the upper plasma generating electrodes 35 differed, and also was mentioned above. 35d of cylinder-like gas supply mouths is formed in nothing and its upper wall section 35c also for the aforementioned upper electrode 35 in the shape of a hollow pillar, and two or more breakthrough 35b is formed in low wall section 35a like the 1st example. Furthermore, two or more pillar-like salient 35e protrudes on the inferior surface of tongue of the aforementioned low wall section 35a. By constituting the electric discharge uneven means of this invention, and forming pillar-like salient 35e in the inferior surface of tongue of the aforementioned low wall section 35a in this way, electric field concentrate on said pillar-like salient 35e, and it becomes uneven discharging this pillar-like salient 35e. Therefore, the luminescence state of plasma also becomes the uneven thing which nonuniformity has produced also about luminescence intensity, while local irregularity arises in the outline configuration of a plasma luminescence region or local irregularity arises in the outline configuration of a plasma luminescence region like the type further shown in drawing 8 of the 1st example, as shown in drawing 13.

[0043] Drawing 14 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the 6th example of this invention. This 6th example is equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the plasma generating electrodes 16 of the lower part which constitutes a septum with the substrate processing room 3 differed, and also was mentioned above. The breakthrough 7 with the electrode 16 of the aforementioned lower part circular at the center is formed, and this breakthrough 7 constitutes the plasma outlet 7 of this invention. Furthermore, this electrode 16 protrudes two or more pillar-like salient 16b on wall surface 16a which constitutes the low wall side of the aforementioned plasma generating room 3. Since electric field concentrate on said pillar-like salient 16b and electric discharge becomes uneven by constituting the electric discharge uneven means of this invention, and forming pillar-like salient 16b in wall surface 16a of the aforementioned electrode 16 in this way, this pillar-like salient 16b becomes uneven [the luminescence state of plasma].

[0044] In addition, the aforementioned pillar-like salient 16b can also be formed in the wall surface which may form in the wall surface which constitutes the side-attachment-wall side of the aforementioned plasma generating room 3, or constitutes the side-attachment-wall side and low wall side of the aforementioned plasma generating room 3.

[0045] Furthermore, you may protrude a pillar-like salient on the plasma generating electrode of both upper and lower sides combining the 5th example of drawing 13, and the 6th example of drawing 14. In this case, an up-and-down pillar-like salient may be made to form and counter a homotopic, or an up-and-down pillar-like salient may be shifted mutually, and may be formed.

[0046] Moreover, although the aforementioned salients 35e and 16b are made into the shape of a pillar in the 5th example of the above, and the 6th example, it is not limited to this and a cross section can also consider as the salient of the shape of the shape of a rectangle, or a polygon. Furthermore, the nose of cam of the salient can also be sharpened acutely, or it can also consider as a semi-sphere configuration or the configuration which beveled.

[0047] Drawing 15 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the 7th example of this invention. This 7th example is equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the plasma generating electrodes 26 of the lower part which constitutes a septum with the substrate processing room 3 differed, and also was mentioned above. The breakthrough 7 with the electrode 26 of the aforementioned lower part circular at the center is formed, and this breakthrough 7 constitutes the plasma outlet 7 of this invention. Furthermore, pillar-like crevice 26b is formed in wall surface 26a from which this electrode 26 constitutes the low wall side of the aforementioned plasma generating room 3. Since the part which electric field concentrate is formed in the front face of the aforementioned electrode 26, electric field concentrate on the marginal part of said pillar-like crevice 26b and electric discharge becomes uneven by constituting the electric discharge uneven means of this invention, and forming pillar-like crevice 26b in wall surface 26a of the aforementioned electrode 26 in this way, surface treatment speed of this pillar-like crevice 26b improves remarkably.

[0048] In addition, although the aforementioned crevice 26b is considering as the shape of a pillar, you may be the crevice of the shape of the shape of a rectangle, or a polygon. furthermore, the position which may form two or more crevices in the inferior surface of tongue of low wall section 5a of not the electrode 26 of the lower part which constitutes a septum but the upper plasma generating electrode 5, or counters the plasma generating electrode of both upper and lower sides, respectively -- or a position can be shifted and two or more crevices can also be formed

[0049] Drawing 16 is the schematic diagram of the plasma generating room 3 in the surface treatment equipment by the octavus example of this invention. This octavus example is equipped with the same composition as the surface treatment equipment 1 of the 1st example which the plasma generating electrodes 36 of the lower part which constitutes a septum with

the substrate processing room 3 differed, and also was mentioned above. The breakthrough 7 with the electrode 36 of the aforementioned lower part circular at the center is formed, and this breakthrough 7 constitutes the plasma outlet 7 of this invention. Furthermore, pillar-like insulator 36b is laid under the wall surface 36a from which this electrode 36 constitutes the low wall side of the aforementioned plasma generating room 3 in the aforementioned wall surface 36a and the flat-tapped state in the front face, and two or more insulating regions are formed in this wall surface 36a. Since the part which electric field concentrate is formed in the front face of the aforementioned electrode 36 and electric discharge becomes uneven by constituting the electric discharge uneven means of this invention, and forming insulator 36b in wall surface 36a of the aforementioned electrode 36 in this way, surface treatment speed of this insulator 36b improves remarkably.

[0050] In addition, although the aforementioned insulator 36b is considering as the shape of a pillar, you may be a prismatic and many prismatics. furthermore, the position which may lay two or more insulators under the inferior surface of tongue of low wall section 5a of not the electrode 26 of the lower part which constitutes a septum but the upper plasma generating electrode 5, or counters the plasma generating electrode of both upper and lower sides, respectively -- or a position can be shifted and two or more insulators can also be laid underground

[0051] Moreover, if it is in the above 6th - an octavus example, although the type shown in drawing 7 in the example 1 which has produced local irregularity in the outline configuration of a plasma luminescence region as a luminescence state of the plasma in drawing 14 - drawing 16 is shown said -- even if it is in the 6th - an octavus example, by setting up processing conditions suitably, it can also consider as the luminescence state of the plasma which has produced local irregularity in the outline configuration of a plasma luminescence region, and has nonuniformity also in the luminescence intensity of plasma like the type shown in drawing 8 in the 1st example

[0052] Drawing 17 is the schematic diagram of the surface treatment equipment 21 by the 9th example of this invention. If this equipment 21 removes the point that the cylinder-like permanent magnet 9 is attached in the inner circumference of the plasma outlet 7, it is equipped with the same composition as the 1st example. In this example, a lengthwise magnetic field is formed in this plasma outlet 7 by arranging a permanent magnet 9 on the aforementioned plasma outlet 7. Therefore, especially electric discharge in the aforementioned plasma generating room 3 concentrates on the aforementioned plasma outlet 7, and the luminescence intensity of the plasma in this plasma outlet 7 serves as the maximum as compared with the case where there is no magnetic field. Thus, by strengthening further the luminescence intensity of the plasma in the plasma outlet 7, gas is efficiently activated near this plasma outlet 7, and it can be made to blow off to the substrate processing room 4 smoothly, without reducing the activity, and surface treatment speed improves remarkably.

[0053] The surface treatment equipment 21 by this 9th example is used. mono-silane gas (SiH_4) as material gas by the flow rate of 7sccm(s) Moreover, while introducing hydrogen gas by the flow rate of 105sccm(s) as carrier gas The pressure of a membrane formation room was adjusted to 27Pa, substrate temperature was adjusted to about 300 degrees C, further, the magnetic field intensity of the aforementioned permanent magnet 9 was changed to 250-600 gauss, the RF power of 13.56MHz and 30W was impressed, and membrane formation processing was performed to the substrate of white-board glass.

[0054] Consequently, it followed on making magnetic field intensity increase, membrane formation speed improved, and the crystal / amorphous RAMAN peak intensity ratio also increased further. Especially, when main magnetic field intensity was 700 gauss, even if membrane formation speed was 68A/sec. and it was the low power which is 30W, membrane formation was made extremely at high speed. When main magnetic field intensity was similarly 700 gauss, the crystal / amorphous RAMAN peak intensity ratio was set to 4, and a quality microcrystal silicon film called $1.6 \times 10^{-5} / 9.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ in light/rate of a dark conduction was further obtained in optical irradiation of AM1.5 and 100 mW/cm².

[0055] Furthermore, when the substrate to which this membrane formation processing was performed was used as a solar battery, it was a highly efficient and quality solar battery. Moreover, when other surface treatment, such as ashing and etching, was performed using the equipment mentioned above, it was possible to have performed surface treatment at high speed [are low temperature and] than before.

[0056] Drawing 18 is the schematic diagram of the surface treatment equipment 31 by the 10th example of this invention. If this equipment 31 removes the point that the cylinder-like permanent magnet 9 is attached outside the periphery of the plasma outlet 17 of the shape of a cylinder which projects into the substrate processing room 4, it is equipped with the same composition as the 2nd example, and does so the same operation effect as the octavus example mentioned above.

[0057] In addition, although each is using the permanent magnet 9 in the 9th example and the 10th example, it is not limited to this, and otherwise, it is possible to adopt magnets which can give a desired magnetic field, such as an electromagnet.

Moreover, covering may be made so that gas may not touch these magnets directly.

[0058] the above example -- all -- one plasma generating electrodes 5 and 15 ... is made into the hollow cylinder configuration Therefore, as mentioned above, once storing the mixed gas of carrier gas or carrier gas, and material gas in the interior of the hollow of an electrode 5, it becomes possible to introduce this gas in the shape of a shower by in general uniform concentration in the plasma generating room 3. However, the aforementioned plasma generating electrode 5 is not limited to a hollow cylinder configuration, and can also only adopt a mere metal plate as the aforementioned electrode. In this case, it is necessary to form two or more breakthroughs, and a salient and a crevice in the aforementioned metal plate as an electric discharge uneven means, and to prepare the inlet of carrier gas in the aforementioned plasma generating room 3 separately.

[0059] Furthermore, it is also possible any example and to use the plasma generating room 3 as the equipment of the type which the plasma generating room 3 is allotted [type] caudad, and a substrate processing room is established [type] in the upper part contrary to these examples, and makes plasma flow out of a lower part upwards although the substrate processing

room 4 is formed caudad above surface treatment equipment. Furthermore, it is also possible to consider as the equipment of the type which casing of surface treatment equipment is formed [type] to a right-and-left bilocular, and a plasma generating room and a substrate processing room are allotted [type] horizontally, and makes plasma flow into a longitudinal direction. In addition, even if it is in the case of which, it is also possible to make a substrate counter a plasma outlet, it to be able to intersect perpendicularly in the outflow direction of plasma, and to be able to allot it, or to allot a substrate to the outflow direction of plasma and parallel. Moreover, although RF power is supplied to the plasma generating electrode by RF generator P, direct current voltage can also be impressed by DC power supply.

[Translation done.]

CLIPPEDIMAGE= JP02000273645A

PAT-NO: JP02000273645A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000273645 A

TITLE: SURFACE TREATING DEVICE

PUBN-DATE: October 3, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TABUCHI, TOSHIHIRO	N/A
MIZUKAMI, HIROYUKI	N/A
ISHIDA, KOICHI	N/A
KOUSHIRI, MASAYUKI	N/A
KAMIMURA, TATSUYA	N/A
FUJIMOTO, SHINICHI	N/A
TOYOSHIMA, YASUMASA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOMATSU LTD	N/A

APPL-NO: JP11075551

APPL-DATE: March 19, 1999

INT-CL (IPC): C23C016/509;C23C016/448

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface treating device capable of surface treatment at a high speed and high quality.

SOLUTION: Casing 2 in a surface treating device 1 is divided into two chambers of a plasma generating chamber 3 provided with plasma generating electrodes 5 and 6 and a substrate treating chamber 4 provided with a substrate supporting stand 8. On the electrode 6 composing the bulkhead of both chambers 3 and 4, a plasma blow-off port 7 has been formed. Moreover, on the electrode 5 in the upper direction, a through hole 5b as a discharge non-uniformizing means is formed. This through hole 5b functions also as the introducing port of carrier gas and a gaseous starting material.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-273645

(P2000-273645A)

(43) 公開日 平成12年10月3日 (2000.10.3)

(α)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

C 2 3 C 16/509

C 2 3 C 16/50

D 4 K 0 3 0

16/448

16/44

C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-75551

(22) 出願日 平成11年3月19日 (1999.3.19)

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 田淵 俊宏

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 水上 裕之

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(74) 代理人 100091948

弁理士 野口 武男

最終頁に続く

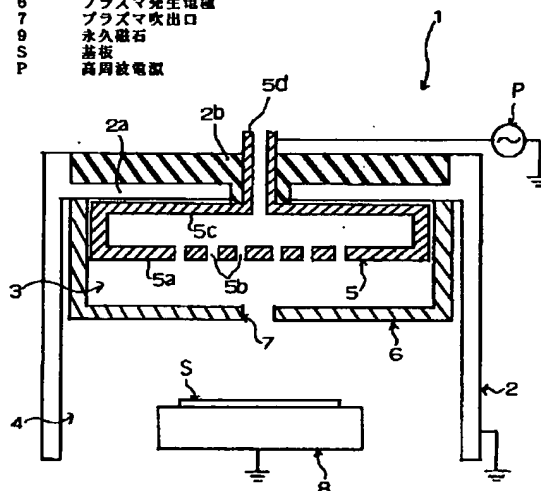
(54) 【発明の名称】 表面処理装置

(57) 【要約】

【課題】 高速且つ高品質に表面処理が可能な表面処理装置を提供する。

【解決手段】 表面処理装置(1) のケーシング(2) はプラズマ発生電極(5,6) を備えたプラズマ発生室(3) と、基板支持台(8) を備えた基板処理室(4) との二室に画成されている。前記両室(3,4) の隔壁を構成する電極(6) にはプラズマ吹出口(7) が形成されている。更に、上方の前記電極(5) は放電不均一手段である貫通孔(5b) が形成されている。この貫通孔(5b) はキャリアガス及び原料ガスの導入口としても機能する。

1 表面処理装置
2 ケーシング
3 プラズマ発生室
4 基板処理室
5 プラズマ発生電極
5 a 下壁部
5 b 貫通孔
5 c 上壁部
5 d ガス供給口
6 プラズマ発生電極
7 プラズマ吹出口
8 永久磁石
S 基板
P 高周波電源



本発明の第1実施例である表面処理装置の概略図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と、前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室は一以上のプラズマ吹出口を介して前記プラズマ発生室と連通されてなり、前記プラズマ発生室には前記プラズマ発生電極間の放電を不均一にするための放電不均一手段が配されてなり、ことを特徴とする表面処理装置。

【請求項2】 前記放電不均一手段は、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方から突出する一以上の突起である請求項1記載の表面処理装置。

【請求項3】 前記放電不均一手段は、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の凹部である請求項1記載の表面処理装置。

【請求項4】 前記放電不均一手段は、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の貫通孔である請求項1記載の表面処理装置。

【請求項5】 前記放電不均一手段は、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の絶縁領域である請求項1記載の表面処理装置。

【請求項6】 前記プラズマ吹出口の近傍には磁場が形成されてなる請求項1記載の表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基板への各種表面処理、特に基板への成膜処理に適した表面処理装置に関し、更に詳しくは、微結晶薄膜を高品質で且つ高速に成膜することが可能な表面処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の平行平板型プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition)装置は、ケーシング内に一対の平板状のプラズマ発生電極が平行に対向して設けられている。前記プラズマ発生電極のうち、一方の電極は基板支持台としての機能を兼ね備えており、更に、同装置は基板の温度を、気相成長に適した温度に調整するためにヒータが設けられている。前記一方の電極に基板を載置した状態で、両プラズマ発生電極間に高周波数の電源(13.56MHzの電源)による電圧が印加されると、これら電極間で放電が行われる。この放電によりプラズマが発生し、原料ガス、例えばモノシランガスがプラズマ化され、前記基板表面にシリコン膜が形成される。

【0003】かかる従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、基板を載置する平板状の前記プラズマ

発生電極の面積を大きくすることで、大面積の基板を一度の成膜処理で成膜することができるという利点を有している。しかしながら、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、両プラズマ発生電極によりプラズマ化された原料ガスは成膜ガス処理室内に均一に拡散され、その一部が前記電極上に載置された基板の成膜に寄与するだけである。このため原料ガスの利用効率が低く、例えばアモルファスシリコン薄膜や微結晶シリコン薄膜を基板上に成膜しようとする場合、成膜速度が0.01 μm /分程度と、投入電力が大きいかかわらず、成膜速度は遅い。そのため太陽電池などの比較的膜厚の厚い半導体デバイスを製作するには、更に長時間を要し、低スループット、高コストの主要因となっていた。

【0004】そこで、成膜速度を上げるために、高周波電源による投入電力を増大させることも考えられる。しかしながら、両プラズマ発生電極間には当然に電流が流れており、この電流の大きさに応じてプラズマ内の荷電粒子数が決まる。この荷電粒子は各電極に対してプラスにバイアスされており、より低電位の各電極や電極上に載置された基板に向けて加速され、同基板に直接衝突する。この荷電粒子の基板への衝突によるダメージで、同基板は膜質に劣化を来す。かかる荷電粒子の衝突数は投入電力の増大に伴って増加し、同荷電粒子の衝突ダメージによる膜質の劣化も著しくなる。更には高周波電源による高周波電力の増大に伴い、気相中で微粉末が多量に発生することになり、微粉末による膜質の劣化も飛躍的に増大することとなる。

【0005】従って、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、こうした荷電粒子の衝突によるダメージや微粉末による膜質の劣化を避けるために、投入電力(投入パワー)を抑え、電流を少なくせざるを得ない。即ち、実質的には投入電力、電流の上限値が存在し、成膜速度を一定レベル以上に高めることができなかった。

【0006】これに対して、例えば特開昭61-32417号公報に開示されている薄膜形成装置は、基板に薄膜形成を行うための真空室内に、対向する一対のプラズマ発生電極を有する画成室からなる活性化気体発生装置が配されている。前記活性化気体発生装置の一壁部には活性化気体を真空室内へと噴出するための単一の細孔が形成されている。また、前記真空室内には前記細孔に対向する位置に基板が支持されている。

【0007】前記薄膜形成装置では前記一対のプラズマ発生電極に高周波電圧を印加して、両電極間にグロー放電を発生させてプラズマを作る。前記活性化気体発生装置内に導入された原料ガスは、このプラズマによって分解される。このとき、真空室に配された真空ポンプと前記細孔のコンダクタンスとを調整することにより、前記真空室の真空度を前記活性化気体発生装置よりも2~3

析低くなるようにして、活性化された原料ガスを基板に向けて前記細孔から噴出させる。

【0008】このように薄膜形成を行う真空室内において画成された活性化気体発生装置の内部にプラズマ発生電極を配し、同活性化気体発生装置において活性化された原料ガスを基板に向けて積極的に吹き付ける薄膜形成装置では、投入電力を増大させることなく、成膜速度を高めることができる。更には、投入電力を増大させてより強いプラズマを発生させた場合にも、プラズマ発生電極は画成された前記活性化気体発生装置内に設置されてお

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このように、プラズマ発生室と成膜処理室とを画成することにより成膜速度が高まっ

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用効果】かかる課題を解決するために、請求項1に係る発明は、一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と、前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室は一以上のプラズマ吹出口を介して前記プラズマ発生室と連通されてなり、前記プラズマ発生室には前記プラズマ発生電極間の放電を不均一にするための放電不均一手段が配されてなる、ことを特徴とする表面処理装置を主要な構成としている。

【0011】前記一対のプラズマ発生電極に高周波電力を投入すると、前記電極間で放電が起こり、前記プラズマ発生室内にプラズマが発生する。そのプラズマにより、同プラズマ発生室内に導入されたキャリアガスが活性化され、表面処理に寄与する活性種が生成される。このとき、前記基板処理室の室圧を前記プラズマ発生室よりも低圧に調整することにより、同プラズマ発生室内のプラズマは、前記プラズマ吹出口から前記基板処理室内へと流れ出る。このプラズマの流れにより前記処理室内の基板表面がプラズマ処理され、同基板に表面処理が施される。

【0012】このように、プラズマ発生室と基板処理室との二室に画成することにより、プラズマ発生室内のプラズマがプラズマ吹出口から基板に向けて効率よく到達するため、表面処理速度も高まり結晶化も促進され、均一で且つ高品質に、しかも高速で表面処理を施すことができる。

【0013】更に、本発明は、前記プラズマ発生室に前記プラズマ発生電極間の放電を不均一にするための放電不均一手段を配している。そのため、前記プラズマ発生室内でのプラズマ発光域の外郭形状に局部的な凹凸が生じ、その形状が不均一となる。また、プラズマ発生電極に印加する電力や室圧、ガス流量などの各種の処理条件に応じて、前記プラズマ発光域におけるプラズマの発光強度にもムラが生じ、局部的にプラズマ発光強度の強い領域が発生する。

【0014】ここで、従来は、均一で高速に表面処理を施すためには、前記プラズマ発生室での放電をできるだけ均一にし、プラズマ発光域の外郭形状が凹凸のないなめらかな形状となり、且つプラズマの発光強度にも局部的な発光ムラのないようにプラズマを発光させる必要があると考えられていた。しかしながら、本発明者らは全く逆の発想から、前記プラズマ発生室内での放電を積極的に不均一化してみたところ、極めて高速に、しかも高品質で均一に表面処理を施すことが可能であることがわかった。その理由としては、プラズマ発光域の外郭形状に局部的な凹凸が発生したり、プラズマの発光強度が極めて強い領域が局部的に発生することにより、従来のように、プラズマ発光域の外郭形状を凹凸のない滑らかなものとし、且つ発光強度にも局部的なムラがないようにプラズマを発光させる場合と比べ、効率よくガスを活性化することができ、結果的に活性種の発生量が多くなるため、表面処理速度が著しく向上するものと考えられる。

【0015】なお、前記基板としてはガラス、有機フィルム、或いはSUS等の金属を使用することができる。さらに本発明の表面処理装置は成膜やアッシング、エッチング等の各種表面処理に使用できるが、前記基板表面にアモルファスシリコンや、更には微結晶シリコンなどのシリコン薄膜や酸化膜を成膜する際に特に好適に使用される。

【0016】前記プラズマ発生電極には直流電源又は高周波電源を接続して直流～高周波電圧まで印加することが可能であるが、特に、高周波電力を投入することが好ましい。なお、この投入電力は、電力を印加するプラズマ発生電極の単位面積あたり $1\text{ mW}/\text{cm}^2 \sim 5\text{ W}/\text{cm}^2$ とすることが望ましく、更には $10\text{ mW}/\text{cm}^2 \sim 1\text{ W}/\text{cm}^2$ とすることが望ましい。

【0017】前記プラズマ吹出口は所要のノズル形状を有してなることが望ましい。所要のノズル形状とは、プラズマ発生室のプラズマを積極的に吹出口内に引き込

み、基板処理室においてプラズマを所望の角度で拡散させて噴出することのできる形状である。例えば、円形断面の円柱形状や、プラズマ発生室から基板処理室に向けて拡径する載頭円錐形状、及びその組み合わせ、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などが挙げられる。更には前記プラズマ吹出口をスリット形状とすることも可能である。なお、前記プラズマ吹出口を多数設ける場合には、大面積の基板に対しても均一な薄膜を高速で成膜できる。

【0018】前記原料ガス導入口は、前記プラズマ発生室内に開口させてもよく、或いは、前記プラズマ発生室内にはキャリアガスのみを導入し、前記原料ガス導入口は前記プラズマ吹出口の側面に開口させることもできる。更には、例えば原料ガス導入用のパイプなどの導入手段を用いて、前記原料ガス導入口を基板処理室内に開口させ、原料ガスを基板処理室内における前記プラズマ吹出口と基板との間に導入してもよい。前記原料ガス導入口を前記吹出口に開口させる場合や、基板処理室内に開口させる場合には、前記原料ガスは前記吹出口を通過するプラズマ化されたキャリアガスによりプラズマ化される。この場合には、前記プラズマ発生室の内壁面が前記原料ガスにより汚染されることがない。

【0019】本発明における前記放電不均一手段は、請求項2〜5に係る発明では、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方から突出する一以上の突起、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の凹部、前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の貫通孔、及び前記プラズマ発生電極の少なくとも一方に形成された一以上の絶縁領域である。これらの放電不均一手段は単独で、あるいは組み合わせて複数、配することにより、上述したようにプラズマの発光強度も不均一となり、その結果、表面処理速度が著しく向上すると共に、高品質で均一な表面処理が可能となる。

【0020】更に請求項6に係る発明では、前記プラズマ吹出口の近傍に磁場が形成されている。このように、前記プラズマ吹出口の近傍に磁場を形成することにより、特にプラズマ吹出口の近傍でのプラズマ発光強度を強めることができ、活性化されたガスを効率よく、更にその活性度を低減させることなく円滑に基板処理室へと導入することができるため、表面処理速度が更に向上する。なお、前記プラズマ吹出口の近傍とは、同吹出口の上方、下方及び吹出口内を含む。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、好適な実施例を参照して具体的に説明する。図1は本発明の第1実施例である表面処理装置1の概略図である。同装置1は外気と遮断され、接地されたケーシング2が、プラズマ発生室3と基板処理室4との2室に画成

されている。

【0022】前記プラズマ発生室3内には高周波電源Pに接続された一対のプラズマ発生電極5、6が上下に平行に配されている。一対の電極5、6のうち上方の電極5は前記ケーシング2の上壁2aに絶縁体2bを介して取り付けられており、下方の電極6は前記基板処理室4との隔壁を構成している。なお、前記電極6はケーシング2の上壁2aに取り付けられているが、これに限定されるものではなく、ケーシング2の任意の位置に取り付けることが可能である。

【0023】隔壁を構成する前記下方の電極6の中心には円形の貫通孔7が形成されており、同貫通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。このプラズマ吹出口7を介して前記プラズマ発生室3と基板処理室4とが連通されている。本実施例においては、前記プラズマ吹出口7を円形としているが、他にも例えば矩形状としたり、或いはプラズマ発生室3から基板処理室4に向けて拡径する載頭円錐形状や、載頭角錐形状、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などとすることも可能である。また、前記プラズマ吹出口7をスリット形状とすることも可能である。

【0024】前記上方の電極5は中空円柱状をなしており、下方の電極6と対向する電極5の下壁部5aには、円形断面をもつ複数の貫通孔5bが形成されている。この複数の貫通孔5bは、例えば図2〜図6に示すような配列とすることが好ましい。

【0025】図2(a)に示す配列では、前記貫通孔5bは、放射線上で且つ同心円上に配されている。更に同図2(b)では、図2(a)の配列における中心部分を無孔領域としている。更に、図3(a)に示す配列は、放射線上で且つ同心円上に、更に、隣り合う放射線上の貫通孔5b列は互いに同一円周上にはなく、即ち、図示実施例では2種の位相をずらした同心円上に配列されている。更に図3(b)では、図3(a)の配列における中心部分を無孔領域としている。

【0026】また、図4(a)に示すように、隣り合う六角形と一辺を共有させた亀甲状態で、複数の六角形を隣接させた六角形を基本とする配列や、図4(b)のように、図4(a)の六角形配列において中心部分を無孔領域とする配列であってもよい。更に、図5(a)のような矩形や、正方形、平行四辺形、菱形などを含む四角形を基本とする配列や、図5(b)のように四角形の配列における中心部分を無孔領域とする配列も可能である。また、図6(a)のように、隣り合う三角形と一辺を共有させた状態で、複数の三角形を隣接させた三角形を基本とする配列や、図6(b)のように、その三角形の配列において中心部分を無孔領域とすることも可能である。

【0027】また、前記貫通孔5bは直径を1mm〜1

0mmとすることが好ましく、更には、直径を3mm～7mmとすることが好ましい。この貫通孔5bは本発明の放電不均一手段であり、複数の貫通孔5bを形成することにより電極5の表面が平坦面ではなく角部が形成され、その角部に電界が集中しやすくなるため、放電が不均一となるものである。なお、本実施例では前記貫通孔5bの断面を円形としているがこれに限定されるものではなく、矩形断面や多角形状の断面としてもよい。更に、前記電極5の下壁部5aの厚み方向に孔径を変化させることもできる。

【0028】また、本実施例においては、前記上方の電極5の上壁部5cの中心に円筒状のガス供給口5dを形成し、このガス供給口5dから前記電極5の中空内部に、モノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板Sまで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。なお、このガス供給口5dは円筒状に限定されるものではなく、矩形筒状であってもよい。更に、同ガス供給口5dの形成位置も前記上壁部5cの中心に限定されるものではなく、任意の位置に形成することが可能である。

【0029】かかるガス供給口5dから前記電極5の中空内部に導入された混合ガスは、前記貫通孔5bから前記プラズマ発生室3内にシャワー状に導入され、前記貫通孔5bは放電不均一手段としての機能と、混合ガス導入口としての機能とを有している。このように、混合ガスを一旦、前記電極5の中空内部に貯留したのち、前記貫通孔5bからシャワー状に前記プラズマ発生室3内に導入することにより、前記混合ガスを均一の濃度及び圧力で前記プラズマ発生室3内に導入することができる。なお、前記電極5の中空内部にはキャリアガスのみを導入して、前記貫通孔5bからはキャリアガスのみを導入し、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室3の内部へ、或いは、成膜処理室4の内部へと導入することもできる。

【0030】前記基板処置室4内には前記プラズマ吹出口7に対向する位置に基板支持台8が配されている。本実施例においては前記基板支持台8は接地されているため、同支持台8上に載置された基板Sも同様に接地されることとなる。なお、前記基板支持台8を接地せずに直流的又は交流的にバイアス印加することも可能である。また、前記基板支持台8にはヒータが内蔵されており、前記基板支持台8の上面に載置された基板Sの温度を、気相成長に適した温度に調整する。なお、前記基板処理室4は図示せぬバルブ、圧力調整弁及び真空ポンプにより、室圧が1～数100Paに調整されている。

【0031】前記一對のプラズマ発生電極5、6に高周波電源Pにより高周波電力を投入すると、前記電極5、6間で放電が起こり、前記プラズマ発生室3内にプラズマが発生する。そのプラズマにより、同プラズマ発生室

3内に導入された原料ガス及びキャリアガスが活性化され、成膜に寄与する活性種が生成される。このとき、前記基板処理室4は室圧を前記プラズマ発生室3よりも低圧に調整しているため、同プラズマ発生室3内のプラズマは、前記プラズマ吹出口7から前記基板処理室4内へと流れ出る。このプラズマの流れにより前記処理室4内の基板S表面がプラズマ処理され、同基板4の表面に薄膜が形成される。

【0032】このとき、前記上方の電極5には貫通孔5bが形成されており、局部的に電界集中が起こるため、前記電極5、6間での放電が不均一となる。そのため、導入された混合ガスの活性化も不均一となり、図7～図9に示すように、プラズマの発光状態も不均一となる。図7に示すプラズマの発光状態では、プラズマの発光域が前記貫通孔5bの形成位置に向けて局部的に突出しており、略円盤状をなす発光域の電極5側の表面が凹凸状になって発光している。また、図8に示すプラズマの発光状態では、略円盤状をなす発光域の電極5側の表面が凹凸状となり、発光域の外郭形状に局部的な凹凸が生じており、更に、前記貫通孔5及びプラズマ吹出口7の形成位置において局部的に発光強度が強くなり、発光強度にもムラが生じている。図9に示すプラズマの発光状態では、前記貫通孔5aを通して一部、前記プラズマ発生室3内にまでプラズマの発光が起こっている。なお、図7～図9のようなプラズマの発光状態は、プラズマ発生電極へ印加する電力や室圧、ガス流量などの処理条件に応じて変化する。

【0033】このように不均一に放電が起こると、プラズマ発光域の外郭形状に局部的な凹凸が生じたり、プラズマの発光強度が極めて強い領域が局部的に発生するなど、プラズマの発光も不均一となる。そのため、プラズマ発光域の外郭形状が滑らかな略円盤状をなし、発光強度のムラもなくプラズマが均一に発光している場合と比べて、結果的には活性種の発生量が多くなるため、成膜速度が著しく向上する。

【0034】上述した装置を用いて、原料ガスとしてモノシランガス(SiH_4)を3sccmの流量で、またキャリアガスとして水素ガスを300sccmの流量で導入すると共に、成膜室の圧力を29Pa、基板温度を150～260℃に調整して、13.56MHz、100Wの高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。その結果、基板温度が150℃と低い温度の場合でも前記基板表面には微結晶薄膜が形成されていた。また、上記温度範囲において、微結晶薄膜の成膜速度は最高で12Å/sec.であり、従来達成できなかった高速での成膜が可能であった。更に上述の成膜条件を最適化し、前記基板温度を300℃とすることにより、150Å/sec.と極めて高速での成膜が可能となり、このような高速成膜であって薄膜は微結晶化していた。勿論、アモルファス薄膜を成膜する場合には、更に高速での成膜

が可能である。また、上述した装置を用いて、アッシングやエッチング等の他の表面処理を行った場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能であった。

【0035】以下、本発明の他の実施例について図面を参照して具体的に説明する。なお、以下の説明において、上述の第1実施例と同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0036】図10は、上述した第2実施例の変形例である表面処理装置11の概略図である。同装置11は、プラズマ吹出口17が基板処理室4内へ突出する円筒形状をなしていることを除いて、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。かかる形状のプラズマ吹出口17を採用した場合にも、上述の表面処理装置1と同一の作用効果を奏するものである。なお、同図10ではプラズマの発光状態が、発光域の外郭形状に局所的な凹凸が生じている図7に示すタイプとなっているが、本実施例においても第1実施例の図7～図9のような3つのタイプの発光状態が得られるものである。

【0037】図11は本発明の第3実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同実施例では上方のプラズマ発生電極15が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。同第3実施例の表面処理装置も、前記上方の電極15は中空円柱状をなしている。同電極15にも上壁部15cの中心に円筒状のガス供給口15dが形成されており、同ガス供給口15dから前記電極5の中空内部に原料ガスとキャリアガスとの混合ガスが導入される。また、下方の電極6と対向する電極15の下壁部15aには、第1実施例と同様に図2～図6に示すような配列で、複数の貫通孔15bが形成されている。同貫通孔15bの下端には、同貫通孔15bと同一径の円筒状突出部15eが、前記基板処理室4内へと突出した状態で前記貫通孔15bと連続して形成されている。

【0038】かかる電極15においては、前記貫通孔15bと前記円筒状突出部15eとが本発明の放電不均一手段を構成している。前記貫通孔15bの下端に前記基板処理室4内へと突出する円筒状突出部15eを形成することにより、同突出部15eの突出端に電界が集中しやすくなるため、上述の第1実施例よりも放電が更に不均一となる。そのため、プラズマ発光域の外郭形状に局所的な凹凸が生じ、プラズマの発光状態も不均一となるため、活性種の発生量が多くなり、成膜速度が著しく向上する。

【0039】図12は本発明の第4実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同第4実施例も上方のプラズマ発生電極25が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。前記上方の電極25も中空円柱状をなし、その上壁部25cには円筒状のガス供給口25dが形成さ

れており、また、下壁部25aには、第1実施例と同様に図2～図6に示すような配列で、複数の貫通孔25bが形成されている。更に同貫通孔25bは下端縁の全周にわたって連続する凹部25eが形成されている。このように、前記貫通孔25bに更に凹部25eを形成することにより、前記電極25の下壁部25aは表面の凹凸が大きくなり電界が集中しやすい角部の数が増加するため、放電がより不均一となる。そのため、プラズマの発光状態も不均一となり、活性種の発生量も多くなるため、成膜速度が著しく向上する。

【0040】なお、本実施例では前記貫通孔25bの全周にわたって連続する前記凹部25eを形成しているが、前記貫通孔25bの周縁に複数の凹部を断続的に形成してもよい。その場合には、前記電極25の下壁部25aにはより多くの角部が形成されることとなる。

【0041】更に、第3及び第4実施例において図11及び図12では、プラズマの発光状態がプラズマ発光域の外郭形状に局所的な凹凸の生じている図7のタイプが示されているが、同第3及び第4実施例においても第1実施例の図7～図9のような3つのタイプの発光状態が得られるものである。

【0042】図13は本発明の第5実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同第5実施例も上方のプラズマ発生電極35が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。前記上方の電極35も中空円柱状をなし、その上壁部35cには円筒状のガス供給口35dが形成されており、また、下壁部35aには、第1実施例と同様に複数の貫通孔35bが形成されている。更に、前記下壁部35aの下面には、複数の円柱状突起35eが突設されている。この円柱状突起35eは、本発明の放電不均一手段を構成し、このように、前記下壁部35aの下面に円柱状突起35eを形成することにより、同円柱状突起35eに電界が集中し、放電が不均一となる。そのため、プラズマの発光状態も、図13に示すようにプラズマ発光域の外郭形状に局所的な凹凸が生じたり、更には第1実施例の図8に示すタイプのように、プラズマ発光域の外郭形状に局所的な凹凸が生じると共に、発光強度にもムラが生じている不均一なものとなる。

【0043】図14は本発明の第6実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同第6実施例は基板処理室3との隔壁を構成する下方のプラズマ発生電極16が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。前記下方の電極16はその中心に円形の貫通孔7が形成されており、同貫通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。更に同電極16は、前記プラズマ発生室3の下壁面を構成する壁面16aに、複数の円柱状突起16bを突設している。この円柱状突起16bは、本発明の放電不均一手段を構成し、このように、前記電極16の壁面1

6aに円柱状突起16bを形成することにより、同円柱状突起16bに電界が集中し放電が不均一となるため、プラズマの発光状態も不均一となる。

【0044】なお、前記円柱状突起16bは、前記プラズマ発生室3の側壁面を構成する壁面に形成してもよく、或いは、前記プラズマ発生室3の側壁面及び下壁面を構成する壁面に形成することもできる。

【0045】更には、図13の第5実施例と図14の第6実施例とを組み合わせて、上下両方のプラズマ発生電極に円柱状突起を突設してもよい。その場合に上下の円柱状突起を同位置に形成して対向させてもよく、或いは、上下の円柱状突起を互いにずらして形成してもよい。

【0046】また、前記第5実施例及び第6実施例では前記突起35e、16bを円柱状としているが、これに限定されるものではなく、断面が矩形形状や多角形状の突起とすることもできる。さらには、その突起の先端を鋭角に尖らせることもでき、或いは半球形状や面取りした形状とすることもできる。

【0047】図15は本発明の第7実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同第7実施例は基板処理室3との隔壁を構成する下方のプラズマ発生電極26が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。前記下方の電極26はその中心に円形の貫通孔7が形成されており、同貫通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。更に同電極26は、前記プラズマ発生室3の下壁面を構成する壁面26aに、円柱状凹部26bが形成されている。この円柱状凹部26bは、本発明の放電不均一手段を構成し、このように、前記電極26の壁面26aに円柱状凹部26bを形成することにより、前記電極26の表面には電界の集中する部位が形成され、同円柱状凹部26bの縁部に電界が集中し、放電が不均一となるため、表面処理速度が著しく向上する。

【0048】なお、前記凹部26bは円柱状としているが、矩形形状や多角形状の凹部であってもよい。更に、隔壁を構成する下方の電極26ではなく、上方のプラズマ発生電極5の下壁部5aの下面に複数の凹部を形成してもよく、或いは上下両方のプラズマ発生電極にそれぞれ対向する位置に、或いは位置をずらして、複数の凹部を形成することもできる。

【0049】図16は本発明の第8実施例による表面処理装置におけるプラズマ発生室3の概略図である。同第8実施例は基板処理室3との隔壁を構成する下方のプラズマ発生電極36が異なる他は、上述した第1実施例の表面処理装置1と同一の構成を備えている。前記下方の電極36はその中心に円形の貫通孔7が形成されており、同貫通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。更に同電極36は、前記プラズマ発生室3の下壁面を構成する壁面36aに、円柱状の絶縁体36bがその

表面を前記壁面36aと面一な状態で埋設されており、同壁面36aには複数の絶縁領域が形成されている。この絶縁体36bは本発明の放電不均一手段を構成し、このように、前記電極36の壁面36aに絶縁体36bを形成することにより、前記電極36の表面には電界の集中する部位が形成されて放電が不均一となるため、表面処理速度が著しく向上する。

【0050】なお、前記絶縁体36bは円柱状としているが、角柱状や多角柱状であってもよい。更に、隔壁を構成する下方の電極26ではなく、上方のプラズマ発生電極5の下壁部5aの下面に複数の絶縁体を埋設してもよく、或いは上下両方のプラズマ発生電極にそれぞれ対向する位置に、或いは位置をずらして、複数の絶縁体を埋設することもできる。

【0051】また、上記第6～第8実施例にあつては、図14～図16においてそのプラズマの発光状態としてプラズマ発光域の外郭形状に局部的な凹凸の生じている実施例1における図7に示すタイプを示しているが、同第6～第8実施例にあつても処理条件を適宜設定することにより、第1実施例における図8に示すタイプのように、プラズマ発光域の外郭形状に局部的な凹凸の生じており、且つプラズマの発光強度にもムラのあるプラズマの発光状態とすることもできる。

【0052】図17は本発明の第9実施例による表面処理装置21の概略図である。同装置21は、プラズマ吹出口7の内周に、円筒状の永久磁石9が取り付けられている点を除いては、第1実施例と同一の構成を備えている。同実施例では、前記プラズマ吹出口7に永久磁石9を配することにより、同プラズマ吹出口7には縦方向の磁場が形成される。そのため、前記プラズマ発生室3内での放電が特に前記プラズマ吹出口7に集中し、同プラズマ吹出口7でのプラズマの発光強度が磁場がない場合に比して最大となる。このようにプラズマ吹出口7でのプラズマの発光強度を更に強めることで、同プラズマ吹出口7の近傍で効率よくガスを活性化させ、その活性度を低減させることなく円滑に基板処理室4へと噴出させることができ、表面処理速度が著しく向上する。

【0053】この第9実施例による表面処理装置21を用いて、原料ガスとしてモノシランガス(SiH_4)を7sccmの流量で、またキャリアガスとして水素ガスを105sccmの流量で導入すると共に、成膜室の圧力を27Pa、基板温度を約300℃に調整し、更に、前記永久磁石9の磁場強度を250～600ガウスまで変化させて、13.56MHz、30Wの高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。

【0054】その結果、磁場強度を増加させるに伴い、成膜速度が向上し、更に結晶/アモルファスのラマンピーク強度比も増加した。特に、中心磁場強度が700ガウスの場合には成膜速度が68Å/sec.であり、30Wの低電力であっても極めて高速で成膜がなされた。同じ

く中心磁場強度が700ガウスの場合に、結晶/アモルファスのラマンピーク強度比が4となり、更にAM1.5、100mW/cm²の光照射において光/暗伝導率は $1.6 \times 10^{-5} / 9.0 \times 10^{-7} \text{ S/cm}$ という高品質の微結晶シリコン膜が得られた。

【0055】更に、この成膜処理の施された基板を太陽電池として使用したところ、高性能で且つ高品質の太陽電池であった。また、上述した装置を用いて、アッシングやエッチング等の他の表面処理を行った場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能であった。

【0056】図18は本発明の第10実施例による表面処理装置31の概略図である。同装置31は、基板処理室4内へと突出する円筒状のプラズマ吹出口17の外周に、円筒状の永久磁石9が外嵌されている点を除いては、第2実施例と同一の構成を備えており、上述した第8実施例と同一の作用効果を奏するものである。

【0057】なお、第9実施例及び第10実施例ではいずれも永久磁石9を使用しているがこれに限定されるものではなく、他にも、電磁石等、所望の磁場を付与できる磁石を採用することが可能である。また、これらの磁石は、直接、ガスが触れることのないようにカバーがなされていてもよい。

【0058】以上の実施例では、全て、一方のプラズマ発生電極5、15・・・を中空円筒形状としている。そのため、上述したように、キャリアガス又はキャリアガスと原料ガスとの混合ガスを一旦、電極5の中空内部に貯留したのち、同ガスをプラズマ発生室3内におおむね均一な濃度でシャワー状に導入することが可能となる。しかしながら、前記プラズマ発生電極5は中空円筒形状に限定されるものではなく、単に前記電極として単なる金属製の平板を採用することもできる。その場合には、前記金属製平板に放電不均一手段として複数の貫通孔や突起、凹部を形成し、前記プラズマ発生室3にはキャリアガスの導入口を別途に設ける必要がある。

【0059】更に、いずれの実施例も、表面処理装置の上方にプラズマ発生室3を、その下方に基板処理室4を設けているが、これら実施例とは逆に、下方にプラズマ発生室3を配して、その上方に基板処理室を設け、プラズマを下方から上方へと流出させるタイプの装置とすることも可能である。更には、表面処理装置のケーシングを左右二室に画成し、プラズマ発生室と基板処理室とを水平に配し、プラズマを横方向に流出させるタイプの装置とすることも可能である。なお、いずれの場合にあっても、基板はプラズマ吹出口に対向させてプラズマの流出方向に直交して配することができ、或いは、基板をプラズマの流出方向と平行に配することも可能である。また、プラズマ発生電極には高周波電源Pにより高周波電力を投入しているが、直流電源により直流電圧を印加することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例である表面処理装置の概略図である。

【図2】プラズマ発生電極に形成された貫通孔の配列を示す図である。

【図3】プラズマ発生電極に形成された貫通孔の他の配列を示す図である。

【図4】プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図である。

10 【図5】プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図である。

【図6】プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図である。

【図7】上記表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の状態を示す概略図である。

【図8】上記表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の他の状態を示す概略図である。

【図9】上記表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の更に他の状態を示す概略図である。

20 【図10】本発明の第2実施例である表面処理装置の概略図である。

【図11】本発明の第3実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

【図12】本発明の第4実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

【図13】本発明の第5実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

【図14】本発明の第6実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

30 【図15】本発明の第7実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

【図16】本発明の第8実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図である。

【図17】本発明の第9実施例である表面処理装置の概略図である。

【図18】本発明の第10実施例である表面処理装置の概略図である。

【符号の説明】

1, 11, 21, 31	表面処理装置
2	ケーシング
3	プラズマ発生室
4	基板処理室
5, 15, 25, 35	プラズマ発生電極
5 a, 15a, 25a, 35a	下壁部
5 b, 15b, 25b, 35b	貫通孔
5 c, 15c, 25c, 35c	上壁部
5 d, 15d, 25d, 35d	ガス供給口
15 e	円筒状突出部
25 e	凹部
35 e	円柱状突起

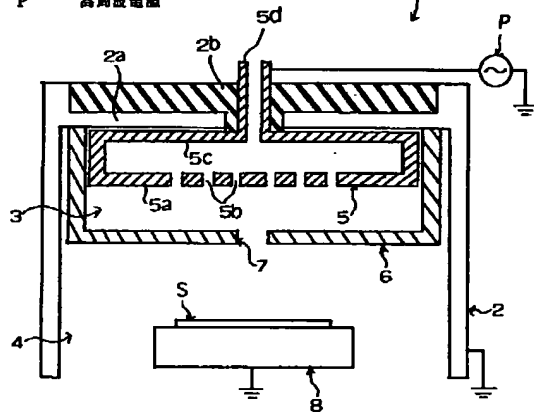
	15
6, 16, 26, 36	プラズマ発生電極
16a	壁面
16b	円柱状突起
26a	壁面
26b	円柱状凹部
36a	壁面

【図1】

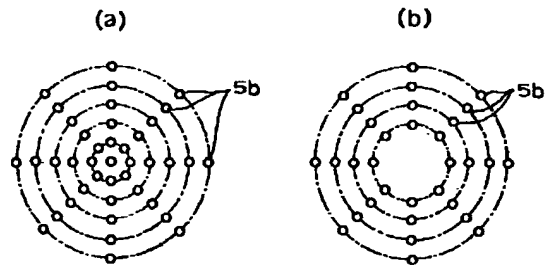
	16
36b	絶縁体
7, 17	プラズマ吹出口
8	基板支持台
9	永久磁石
S	基板
P	高周波電源

【図2】

- 1 表面処理装置
 2 ケーシング
 3 プラズマ発生室
 4 基板処理室
 5 プラズマ発生電極
 5a 下壁部
 5b 貫通孔
 5c 上壁部
 5d ガス供給口
 6 プラズマ発生電極
 7 プラズマ吹出口
 8 永久磁石
 S 基板
 P 高周波電源

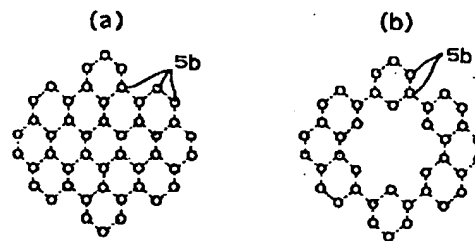


本発明の第1実施例である表面処理装置の概略図



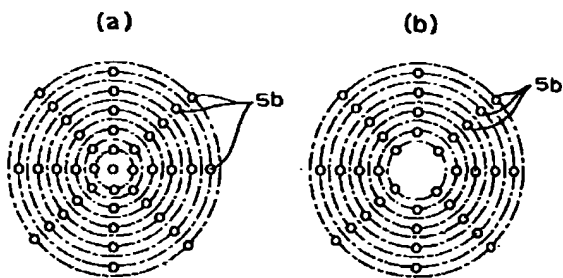
プラズマ発生電極に形成された貫通孔の配列を示す図

【図4】



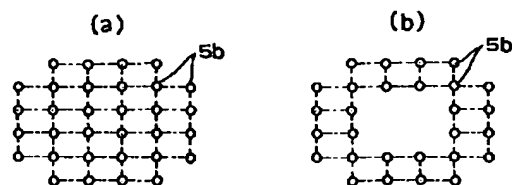
プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図

【図3】



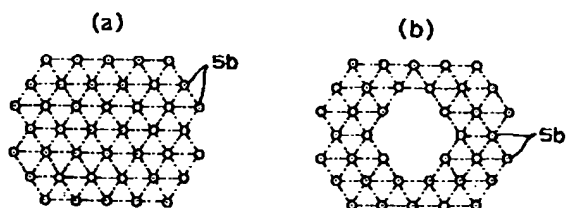
プラズマ発生電極に形成された貫通孔の他の配列を示す図

【図5】



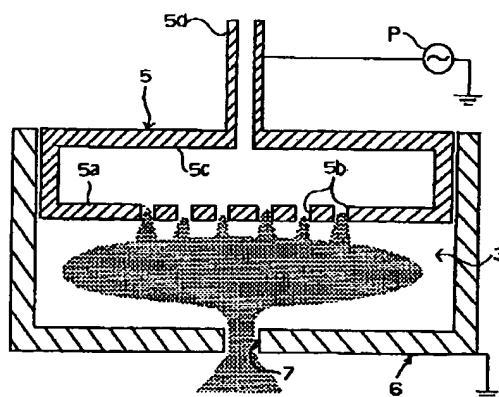
プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図

【図6】



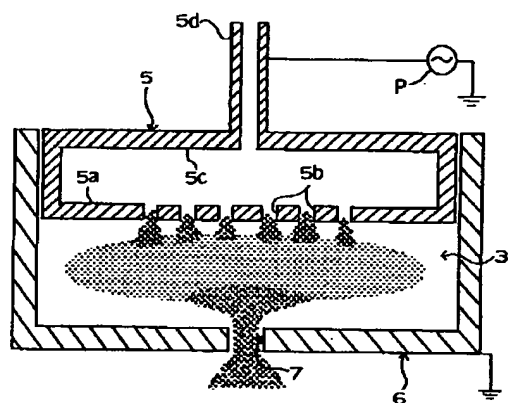
プラズマ発生電極に形成された貫通孔の更に他の配列を示す図

【図7】



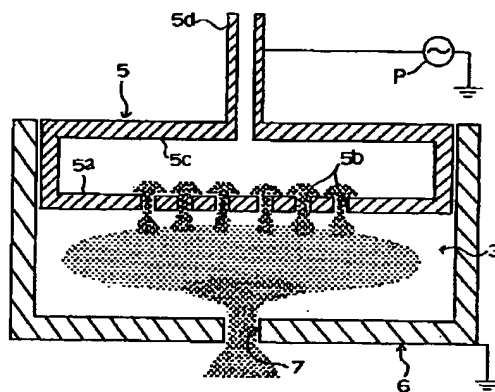
表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の状態を示す概略図

【図8】



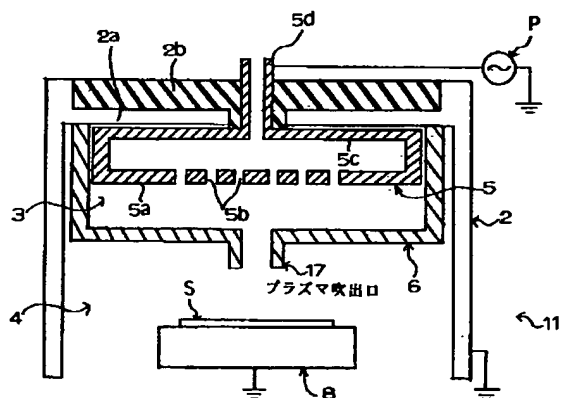
表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の他の状態を示す概略図

【図9】



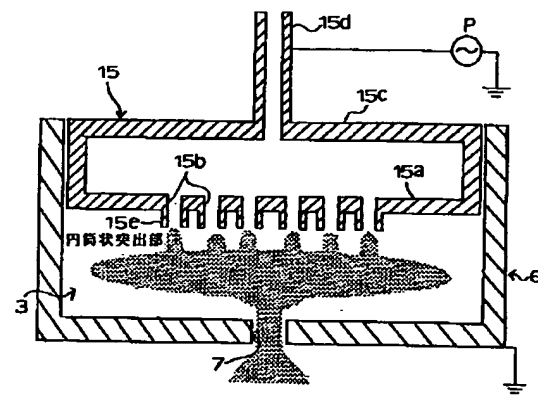
表面処理装置における放電時のプラズマ発生室の更に他の状態を示す概略図

【図10】



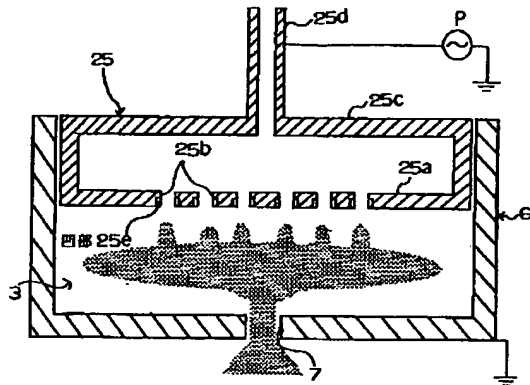
本発明の第2実施例である表面処理装置の概略図

【図11】



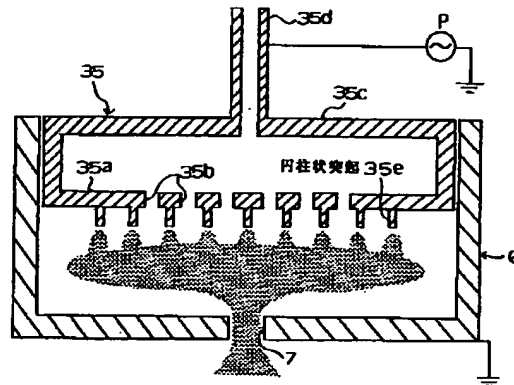
本発明の第3実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図12】



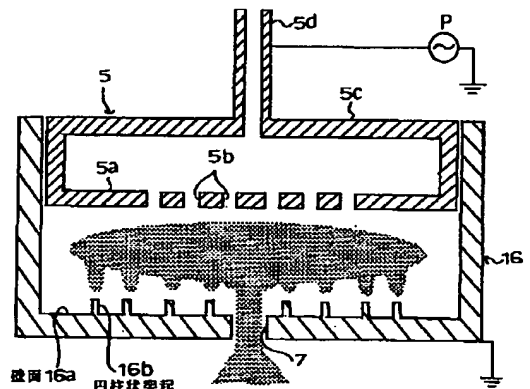
本発明の第4実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図13】



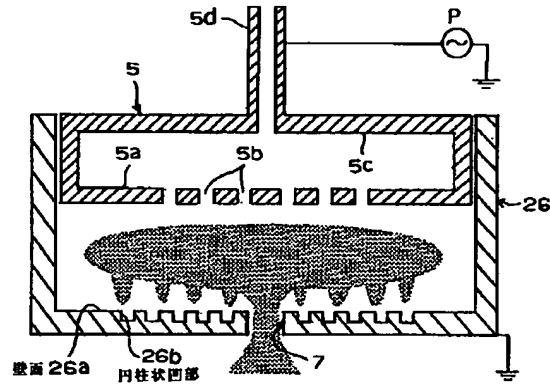
本発明の第5実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図14】



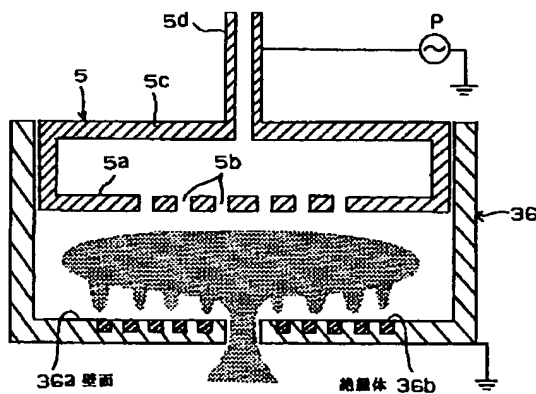
本発明の第6実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図15】



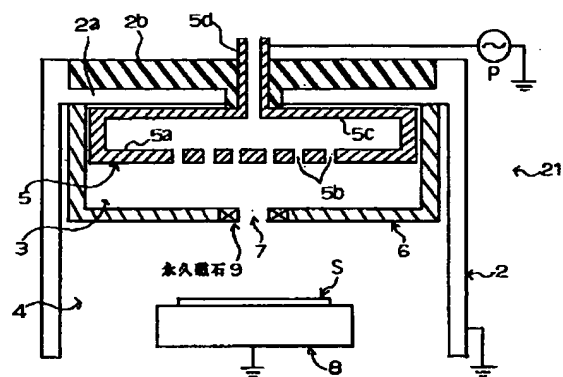
本発明の第7実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図16】



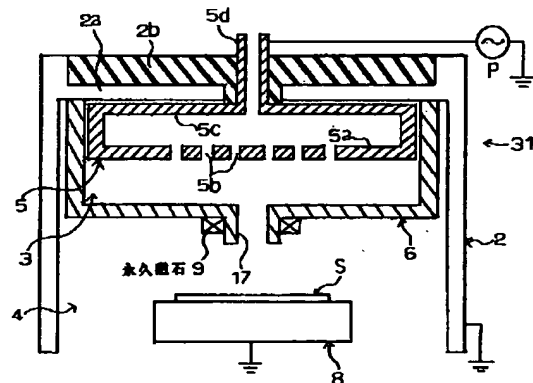
本発明の第8実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【図17】



本発明の第9実施例である表面処理装置の概略図

【図18】



本発明の第10実施例である表面処理装置の概略図

【手続補正書】

【提出日】平成11年4月30日(1999. 4. 30)

【補正対象項目名】図14

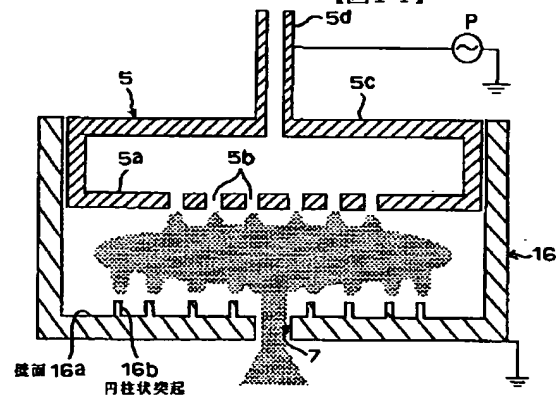
【補正方法】変更

【手続補正1】

【補正内容】

【補正対象書類名】図面

【図14】



本発明の第6実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生部の概略図

【手続補正2】

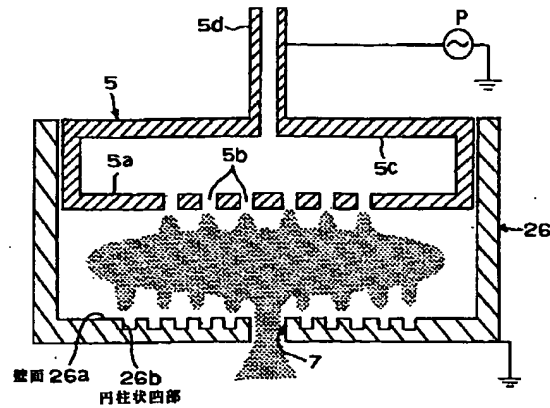
【補正方法】変更

【補正対象書類名】図面

【補正内容】

【補正対象項目名】図15

【図15】



本発明の第7実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

【手続補正3】

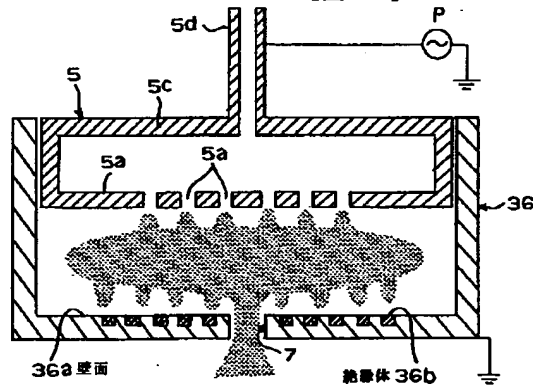
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図16

【補正方法】変更

【補正内容】

【図16】



本発明の第8実施例である表面処理装置におけるプラズマ発生室の概略図

フロントページの続き

(72)発明者 石田 晃一
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内

(72)発明者 高尻 雅之
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内

(72)発明者 神村 竜也
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内

(72)発明者 藤本 慎一
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内

(72)発明者 豊嶋 康真
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内

Fターム(参考) 4K030 AA06 AA17 BA29 CA06 FA03
HA06 HA07 JA07 JA14 KA08
KA12 KA15 KA17 KA30 KA34
LA16